

УДК 615.849.19

ВИЗНАЧЕННЯ МАКРОЕЛЕМЕНТІВ K^+ , Ca^{++} , Na^+ У КРОВІ ДИТИНИ З ПОДАЛЬШИМ ОЦІНЮВАННЯМ ГОМЕОСТАЗУ ОРГАНІЗМУ

¹)Яковенко І.О., ¹)Клочко Т.Р., ²)Леус Е.О., ¹)Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна, ²)Українська дитяча спеціалізована лікарня «ОХМАТДИТ», м. Київ, Україна

У статті наведено нові підходи вдосконалення функціональної діагностики із застосуванням кардіомоніторингу. Авторами подано обґрунтування неінвазивного експрес-оцінювання вмісту мікроелементів у крові пацієнта, оцінювання показників гемодинаміки за допомогою математичного моделювання

Вступ. Постановка задачі

Для оцінювання стану організму дитини з позиції його функціональної, гемодинамічної збалансованості та водно-електролітного обміну, необхідним є контроль його життєво важливих елементів, до яких слід віднести переважно E^+ , Na^+ , Ca^{++} .

Виникнення та протікання патологічних процесів в організмі людини тісно пов'язане з впливом недостатності або перенасиченості макроелементів. Наприклад, калій відіграє важливу роль у фізіологічних процесах м'язового скорочення, функціональній діяльності серця, в проведенні нервових імпульсів, ферментних процесах та в обміні речовин. Концентрація K^+ в крові дитини у нормі складає 3.6 - 5.1 ммоль/л. Симптомами недостатності K^+ є м'язова слабкість, блювотиння, атонія кишечника та сечового міхура, серцева слабкість. У свою чергу гіперкалімія клінічно проявляється парестезіями, серцевими аритміями. Загрозливими симптомами калієвої інтоксикації є колапс, брадикардія.

Фізіологічне значення натрію виявляється у підтримці осмотичного тиску та рН у середині, а також зовнішніх клітинних просторах. Він впливає на процеси нервової діяльності, на стан м'язової та серцево-судинної системи і здатність тканинних колоїдів до набрякання. Концентрація Na^+ у сироватці крові дитини складає 132 – 156 ммоль/л.

Отже, макроелементи беруть участь у забезпеченні стабільності осмотичного тиску, кислотно-лужного балансу, процесів всмоктування, секреції, кровотворення, кісткоутворення, згортання крові, м'язового скорочення, нервової провідності, внутрішнього клітинного дихання [1, 2].

В умовах гострого дисбалансу мікроелементів в організмі виникає необхідність моніторингу вмісту даних елементів за допомогою аналізу крові. У сучасній практиці подібне визначення здійснюється інвазивним способом, що супроводжується необхідністю частого забору крові у пацієнта. У свою чергу подібна діагностика є трудомісткою й травматичною, що особливо відчутно у педіатричній практиці.

Найбільш застосовані наразі аналізатори гемодинаміки організму, наприклад на базі реографів, кардіографів тощо [3, 4], проте у подібних способах визначення макроелементів у крові не проводилось. Так, реографом реєструють

величини електричного імпедансу досліджуваних ділянок тіла людини, досліджують гемодинаміку та стан судин, а надалі здійснюють комплексну оцінку центральної та периферичної гемодинаміки на підставі розрахунку швидкості пульсової хвилі на визначених ділянках. Це дозволяє здійснювати функціональні дослідження та виводити їх на принтер для більшої наочності та документування. Проте невелика точність вимірювання може призводити до порушення оцінювання стану організму пацієнта.

Сучасні методи, які здебільшого застосовані у медицині, припускають визначення макроелементів у крові внаслідок забору крові з подальшим аналізом за допомогою спеціальних приладів, які встановлюють зв'язок між клінічними показниками аналізу крові та показниками частоти серцевих скорочень, на підставі вихідних сигналів яких розраховують величини серцевого викиду, периферичного судинного тиску, об'єм циркулюючої крові, концентрацією іонів натрію, кальцію, калію, часові параметри складових електрокардіограм [5, 6]. Недоліками цих методів є довготривалість проведення та відсутність аналізу отриманих показників гомеостазу, а також визначення концентрації електролітів від кількісної оцінки серцево-судинної системи, що не дозволяє точно оцінити складові гемодинаміки та призводить до погіршення точності вимірювань. У свою чергу, це викликає певну незручність у випадках з постійним моніторингом цих показників та іноді призводить до погіршення стану пацієнта.

Метою роботи є створення неінвазивного методу дослідження вмісту макроелементів K^+ , Ca^{++} , Na^+ у крові за допомогою обробки даних ЕКГ, обчислення зубців Т у V2, V3, V4 з наступним оцінюванням гомеостазу організму.

Вирішенням цієї проблеми є оцінювання гомеостазу організму дитини, який внаслідок вимірювання показників завдяки змінам біоелектричних процесів у міокарді (складових електрокардіограм) дозволяє ефективно, швидко та максимально точно оцінити стан організму.

Серце людини виконує функцію м'язової помпи, спрямовує збагачену киснем кров у систему кровообігу, забезпечує елементами живлення всі органи і тканини організму, а також виводить з організму відпрацьовані продукти його життєдіяльності. Також серце є іонною помпою, що забезпечує транспортування кальцію, калію, натрію, магнію та інших життєво важливих макро- і мікроелементів у клітину, яка скорочуючись, продукує біоелектричні імпульси у вигляді серцевих комплексів P-Q-R-S-T. Реєструють ці імпульси за допомогою електрокардіографії в грудних відведеннях V1, V2, V3, V4, V5 та V6 (рис. 1)



Рис.1. Розміщення 6 електродів грудних відведень на поверхні грудної клітини; V1, V2, V3, V4, V5, V6 – активні електроди.

Обмін електролітів в крові (іони K^+ , Ca^{++} , Na^+) складає основу виникнення біострумів серця – електричного потенціалу спокою та потенціалу дії міокардових клітин. Порушення обміну електролітів викликає зміни біоелектричних процесів в міокарді, тобто зміни показників електрокардіограми [7].

Організація експериментального дослідження

Дослідження проводилося на протязі 2009 р. У дослідженні було опрацьовано всього 31 історію хвороби. З них 14 історій хвороб дітей, що знаходились у стаціонарі спеціалізованої дитячої лікарні “ОХМАТДИТ” дітей віком від 3 до 6 років та 17 історій хвороб віком від 7 до 10 років. Перша група складається з 10 дівчаток та 4 хлопчиків, друга – з 7 хлопчиків та 10 дівчаток. Дані групи представлені дітьми з різних регіонів, що мають спільні патології: пневмонії, гепатит С. У цих групах одночасно були проведені наступні клінічні дослідження:

- 1) біохімічне дослідження крові;
- 2) зняття ЕКГ.

Виклад основного матеріалу дослідження

В процесі дослідження було оброблено біохімічні аналізи крові двох вікових груп, встановлено, що у дітей віком від 3 до 6 років показники K^+ , Ca^{++} , Na^+ знаходяться у межах норми (K^+ у межах 3,6 - 5,1 ммоль/л, Ca^{++} – 1,03 - 1,27 ммоль/л, Na^+ - 132 - 156 ммоль/л), лише у 7,5% дітей перевищував Ca^{++} та у 21,42% K^+ (рис. 2).

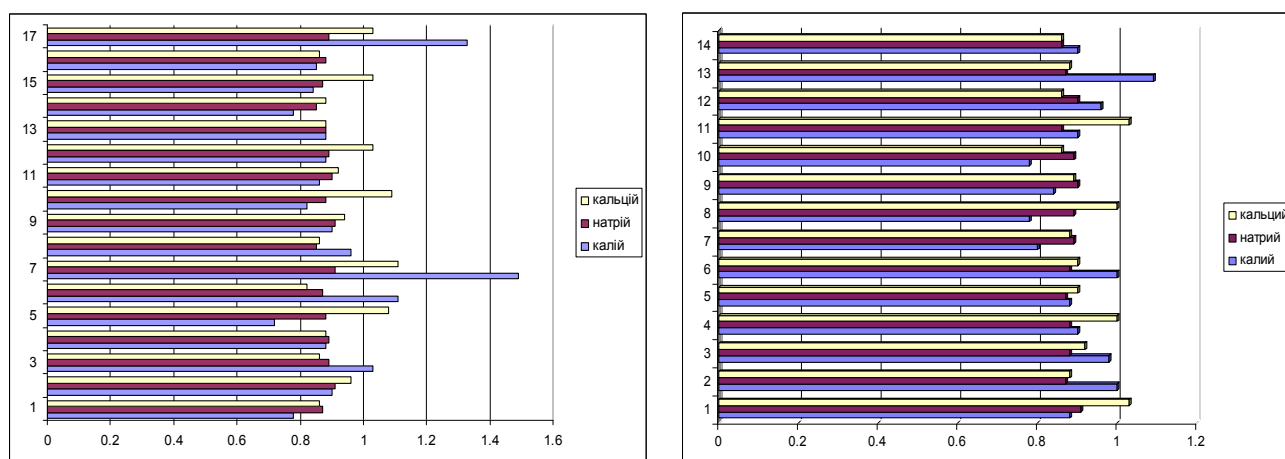


Рис. 2. Діаграми біохімічного складу K^+ , Ca^{++} , Na^+ в крові у відношенні з нормами цих показників у дітей відповідно 2-х вікових груп від 3 до 6 років та від 7 до 10 років

У дітей віком від 7 до 10 років також виявлено перевищення по стандартам: Ca^{++} у 35,2% дітей, а K^+ у 23,5% (рис. 2). Можна дійти висновку про те, що ці групи не мали чітко виражених гіпо- чи гіпер- показників.

Нерівний склад іонів Na^+ і K^+ по один та другий бік клітинної мембрани, динамічний процес короткотривалої втрати цього градієнта складає основу процесу диполаризації міокарда (виникнення імпульсу збудження), що призводить до зміни ЕКГ. За даними [7] було виявлено залежність зміни амплітуди зубця Т електрокардіограм від насиченості або недостаті макроелементів у грудних відведеннях V2, V3, V4. Так, наприклад, при гіперкаліємії зубець Т стає високим, вузьким та загостреним. При пониженні концентрації натрію збільшується амплітуда зубця Т.

Отже, наша задача: встановити чисельну залежність між показниками, яка надасть можливості здійснювати експрес-оцінювання вмісту мікроелементів у крові пацієнта.

В ході роботи було опрацьовані ЕКГ дітей двох вікових груп, виміряні показники зубця Т у грудних відведеннях V2, V3, V4. Перевищення нормативу у дітей віком від 3 до 6 років у грудних відведеннях становить: V2 у 21,42% дітей, V3 – у 14,28% , V4 – у 21,42%. У групі дітей віком від 7 до 10 років перевищення становить: V2 у 11,76%, V3 – у 23,52% , V4 – у 11,76% дітей.

За допомогою застосованого математичного апарату статистичного аналізу встановлено зв'язок між біохімічними показниками K^+ , Ca^{++} , Na^+ та показниками амплітуди зубця Т у грудних відведеннях V2, V3, V4.

За результатами був проведений регресійний аналіз іонів натрію і показниками зубця Т у третьому грудному відведенні (V3) для дітей віком 7-10 років, та іонів натрію з показником зубця Т у другому грудному відведенні (V2) для дітей від 3 до 6 років, що показано на рис. 4,а та рис. 4,б.

У дітей віком від 7 до 10 років (рис. 3,а), як і у дітей віком від 3 до 6 років (рис. 3,б), високий взаємозв'язок був помітний з іонами натрію та зубцем Т в грудних відведеннях V3 і V2 відповідно.

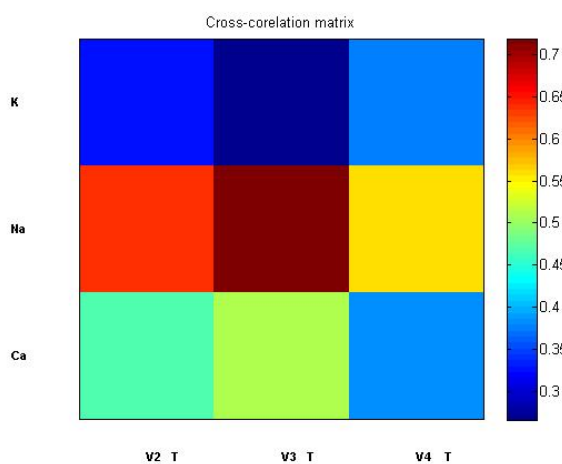


Рис 3,а. Графічне зображення кореляційного зв'язку між K^+ , Ca^{++} , Na^+ та показниками зубця Т у 3-х грудних відділеннях діти від 7 до 10 років

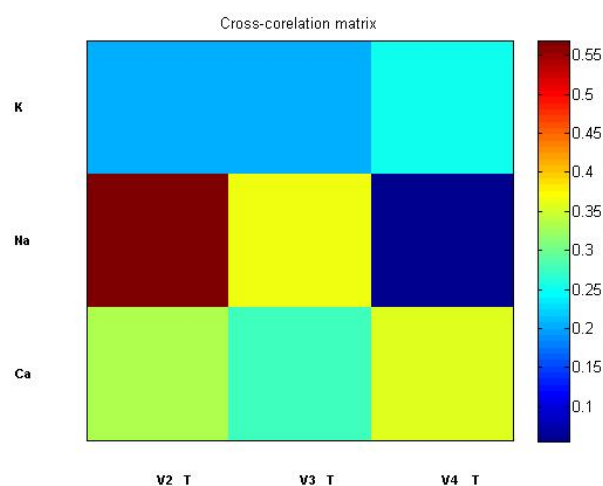


Рис 3,б. Графічне зображення кореляційного зв'язку між K^+ , Ca^{++} , Na^+ та показниками зубця Т у 2-х грудних відділеннях діти від 3 до 6 років

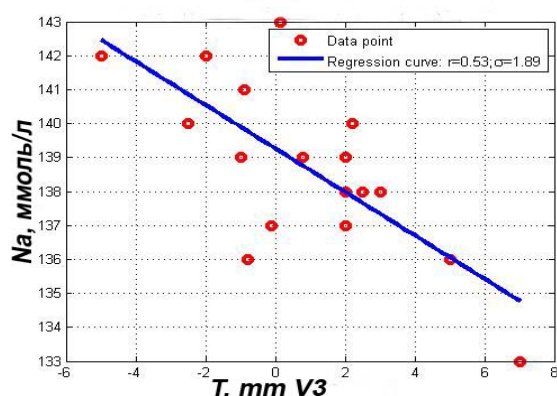


Рис. 4,а. Графічне зображення регресійної кривої між Na^+ та показниками зубця Т у 3-му грудному відділенні у дітей від 7 до 10 років.

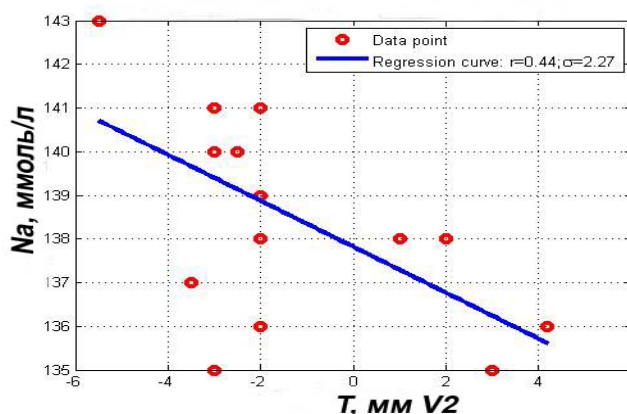


Рис. 4,б. Графічне зображення регресійної кривої між Na^+ та показниками зубця Т у 2-му грудному відділенні у дітей від 3 до 6 років.

Дана модель експрес-оцінювання стану гемодинаміки пацієнта описується лінійним рівнянням $Y = 139.26 - 0.64X$, де X – висота зубця Т в мм, в третьому грудному відведенні для дітей віком від 7 до 10 років, та $Y = 137.81 - 0.53X$, де X – висота зубця Т в мм, у другому грудному відведенні для дітей віком від 3 до 6 років. За допомогою даної моделі можна знаходити показники натрію з вірогідністю $97\% \pm \sigma$,

Для виконання статистичного аналізу даних кардіограми використовуються наступні вбудовані функції Excel, MATLAB: СРЗНАЧ, ДІСПР, МІН, МАКС. СКО розраховується як корінь з дисперсії (функція КОРІНЬ) [8].

За допомогою даного способу здійснюється аналіз впливу іонного складу крові (у даному випадку Na^+) на функцію серця без застосування традиційних засобів аналізу крові. Отже, внаслідок встановлення аналітичного зв'язку між цими показниками отримуємо високу якість медичного обстеження, що полягає у можливості встановити більш точний клінічний діагноз

На рис. 5 схематично зображено сутність способу. Для здійснення оцінювання гемодинаміки організму на біологічний об'єкт 1 встановлюють чутники 2.1-2.6, виходи яких підключені до кардіографа 3, який реєструє зміни в міокарді об'єкта 1. Вихід кардіографа 3 підключено через аналого-цифровий перетворювач 4 до входу блоку 5 обробки, інформація з якого надходить до монітору 6 та до пристрою 7 реєстрації інформації.

Запропонований алгоритм функціонування подібного неінвазивного способу дозволить ефективно, швидко та максимально точно оцінити стан організму, що вкрай необхідно при медичному обстеженні важко хворих пацієнтів.

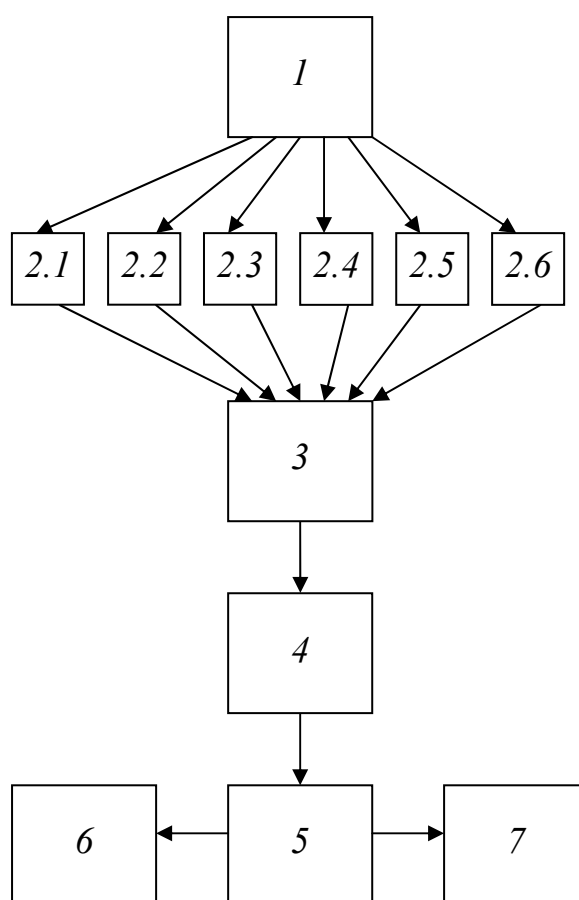


Рис. 5. Схема способу оцінювання гомеостазу організму: 1 - біологічний об'єкт; 2.1 - 2.6 – чутники; 3 - кардіограф; 4 – аналого-цифровий перетворювач; 5 – блок обробки; 6 – монітор; 7 – реєструючий пристрій

Висновки

У даному дослідженні був проведений статистичний аналіз між показниками K^+ , Ca^{++} , Na^+ та амплітудою зубця Т у 3-х грудних відведеннях у двох вікових групах, внаслідок чого ми отримали великий взаємозв'язок з Na^+ , але слабкий зв'язок з K^+ , Ca^{++} , всупереч описаним у науковій медичній літературі. Тому у подальшому для встановлення більш явного зв'язку даних ЕКГ з вмістом K^+ , Ca^{++} потрібно використати кластерний аналіз, що дозволить розділити на більш однородні групи пацієнтів за типом патології. Перспективою досліджень планується також встановлення залежності між усіма показниками біохімічного аналізу крові, що надасть більшої можливості отримати точний результат діагностики.

Перевагами розробки та застосування запропонованого неінвазивного способу є відсутність негативного впливу на організм людини; можливість одночасно отримувати параметри кількісної оцінки роботи серця; можливість багаторазово повторювати дослідження у межах невеликого проміжку часу (що є цін-

ним для контролю тяжко хворих пацієнтів); запобігає створенню додаткової травми у критичних ситуаціях, зокрема це актуально у педіатрії.

Запропонований спосіб може бути використаним в таких областях медицини, як терапія, фізіологія, діагностика тощо. Перевагами таких приладів є застосування у стаціонарних, амбулаторних медичних установах, а також для мобільних та домашніх умов застосування.

Література

1. Назаренко Г.И., Кишкун А.А. Клиническая оценка результатов лабораторных исследований. - М.: Медицина, 2000. – 356 с.
2. Медицинские приборы. Разработка и применение / Дж. Кларк и др. / Под ред. Дж. Вебстера. – К.: Медторг, 2004. – 620 с.
3. Патент на винахід №38905, МПК А61В 5/02. України Спосіб дослідження гемодинаміки і стану судин / Чегодар А. Я. (UA); Чирський М. В. (UA); Чегодар М. А. (UA); Чегодар Д. В. (UA). Заявка №2000116577, 15.05.2001. Опубл. 15.05.2001, Бюл. № 4/2001.
4. Патент України №22161, МПК G01 N 33/48. Спосіб оцінки розладів гемодинаміки / Малахін А.В., Волошин П.В., Мерцалов В.С., Зайцев В.К., Тимошенко В.І., Шахмаєв Є.О., Сльота Ю.Ф., Волошина Н.П. 1998 р. Заявка №95104720, 30.10.95. Опубл. 30.04.98. Бюл. № 2.
5. Патент на винахід № 57675, МПК А61В 5/0452. Спосіб експрес-діагностики функціонального стану та резервних можливостей та пристрій для його реалізації / Карленко В. П. (UA); Карленко Б. В. (UA); Карленко Н. В. (UA), Заявка 2002108583, Опубл. 15.03.2005 р., Бюл. № 3.
6. Yamamoto Y., Hughson R.L. Extracting fractal components from heart rate variability signals. In: Frontiers of blood pressure and heart rate analysis. IOS Press. Amsterdam. p.p.55 – 65. 1997.
7. Макаров Л.М. ЭКГ в педиатрии. - М.: “МЕДПРАКТИКА-М”, 2002. – 278 с.
8. Лапач С.М., Чубенко А.В., Бабич П.М. Статистика в науке и бизнесе. – К.: МОРИОН, 2002. -640 с.

Яковенко І.О., Клочко Т.Р., Леус Е.О. Определение макроэлементов K^+ , Ca^{++} , Na^+ в крови ребенка с последующим оцениванием гомеостаз организма

В статье приведены новые подходы совершенствования функциональной диагностики с применением кардиомониторинга. Обоснована разработка неинвазивного оценивания показателей гомеостаза с помощью математической модели.

Yakovenko I.O., Klotchko T.R., Leus E.O. Determination of macroelements K^+ , Ca^{++} , Na^+ with further estimation of gomeostaz in children

New approaches of perfection of the system of functional diagnostics with application of cardiomonitoring are produced in the article. The authors suggested mathematically substantiated noninvasive method and device for measurement of indices of gomeostaz.

*Надійшла до редакції
20 жовтня 2009 року*